مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی نهم، پاییز و زمستان ۱۳۸۶

دکتر عیسی جوکارسرهنگی (نویسنده اصلی)
دکتر ابوالقاسم امیراحمدی
حسین سلملیان

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه‌ی صفارود با استفاده از سیستم اطّلاعات جغرافیایی

چکیده

شناسایی مکان‌های با پتانسیل بالای وقوع زمین‌لغزش‌ها برای مقابله با آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. در مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی صفارود، تعداد ۳۳ لغزش مشاهده شده که هدف این تحقیق، شناخت عوامل و پهنه‌بندی مکان‌های مستعد وقوع لغزش‌ها می‌باشد. پارامترهای خاص موضوع این تحقیق شامل؛ سنگ‌شناسی، گسل، ارتفاع، شیب، جهت دامنه، بارش، آبراهه، خاک، پوشش گیاهی، راه ارتباطی و آبادی‌های حوضه بوده و از GIS برای تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی و ارزشیابی هر یک از عوامل، تلفیق آنها از طریق الگوی وزنی و سرانجام تهیه‌ی نقشه‌ی قابلیّت وقوع لغزش‌ها، استفاده گردید. برای وزن دهی به معیارها از روش شاخص آماری AHP استفاده شده است. معیار وزن دهی عناصر موجود در هر لایه بر اساس بیشترین نقشی بوده که در داخل آن لایه و در زمین لغزش مؤثّر می‌باشد. پس از ترکیب لایه‌های مختلف عوامل اثرگذار در وقوع لغزش‌ها در محیط GIS، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر لغزش‌ها در چهار پهنه با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم به دست آمد و مشخص شد که حدود ۳۱ درصد از سطح حوضه با خطر بسیار زیاد و خطر زیاد لغزش‌ها روبرو است. بر اساس الگو و پهنه‌بندی مذکور، ۹۴ درصد از موارد مشاهده شده لغزش‌ها در پهنه‌ی خطر بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته که نشان دهنده‌ی دقّت بالای روش مورد استفاده است.

کلید واژه: زمین‌لغزش، پهنه بندی، حوضه صفارود، الگوی AHP ، GIS

تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۱۶ تاریخ تصویب: ۸۷/۴/۲۰

درآمد:

زمین‌لغزش یکی از مشکلات و مخاطرات طبیعی ایران، به ویژه در نواحی کوهستانی است، که موجب ایجاد خسارت‌های جانی و مالی زیاد می‌شود. موقعیّت جغرافیایی ایران و ساختار زمین شناسی، اقلیم، خاک، توپوگرافی حوضه‌ها، پوشش گیاهی و دخالت انسان سبب شده است که این پدیده در برخی از نقاط، به ویژه شمال کشور، زیاد دیده شود. حوضه‌ی آبی صفارود از جمله حوضه‌هایی است که در آن لغزش‌های زیادی اتفاق افتاده است. وقوع لغزش‌ها پیامدهای منفی مانند: تخریب پوشش گیاهی، جادّه‌ها، منازل مسکونی، فرسایش خاک و افزایش بار رسوبی رودخانه (رفاهی، ۱۳۷۷: ۵۰۳) و بستن مسیر رودخانه و تهدید جاذبه‌های اکوتوریستی مناطق پایین دست را به دنبال خواهد داشت.

هدف از پهنه‌بندی، تقسیم سطح زمین به نواحی همگن و درجه‌بندی آنها برحسب میزان واقعی یا پتانسیل خطر لغزش می‌باشد (وارنز[1]، ۱۹۸۴: ۲). به عبارتی سطح زمین بر اساس عوامل مؤثر در ایجاد زمین لغزش به نواحی ویژه و مجزّایی از درجات بالفعل و یا بالقوه خطر تقسیم می‌شود. از عوامل مؤثّر در وقوع لغزش‌ها می‌توان به پارامترهای مربوط به زمین شناسی، خاک ، پوشش گیاهی، اقلیم، هیدرولوژی، فیزیوگرافی و دخالت انسان اشاره نمود. ولی دخالت این عوامل در نقاط مختلف از لحاظ کمّی و کیفی با شدّت و ضعف همراه است. ساها[2](۲۰۰۲، ۳۶۷) ضمن پهنه بندی خطر زمین لغزش، شیب‌های تندتر از ۴۵ درجه را شیب‌های با فراوانی ناپایداری بیشتر ذکر نمود. لغزش‌های وسیع به طور کلی مخصوص دامنه‌های پرشیب کوهستان‌های مرتفع است. همانند ریزش، دخالت جریان‌های سیلابی وزلزله آن را فعّال می‌سازد (کک[3]، ۱۳۶۸: ۱۷۳). چانگ و همکاران[4] (۱۹۹۵) برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، جاده را به عنوان یکی از معیارهای تعیین مناطق خطر در نظر گرفتند.

با توجه به این که عوامل زیادی در وقوع زمین لغزش‌ها دخیل‌اند، کار ارزشیابی را از حالت ساده‌ی تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن باشد، خارج ساخته و در نتیجه استفاده از ابزارهای تحلیلی قوی را ضروری می‌سازد.

---

۱. Varnes

۲. Saha

۳. Coque

٤. Change et al

یکی از روش‌های اصلی ارزشیابی‌ها و تصمیم‌گیری چند معیاری، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) [۵] است که اولین‌بار توسط ساعتی [۶] مطرح شد (ساعتی، ۱۹۸۹). امتیاز اصلی این روش آن است که به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا یک مسأله‌ی پیچیده را به صورت ساختار سلسله مراتبی بشکنند و سپس به حل آن بپردازند (شاو[۷]، ۱۹۸۵). سیستم اطّلاعات جغرافیایی (GIS)، [۸] جایگاه مهمی را در زمینه‌ی پهنه‌بندی خطر لغزش پیدا کرده است. توانایی‌های خاص این سیستم در مدیریت، به هنگام سازی اطّلاعات و قابلیّت الگوسازی و تحلیل آن موجب شده که بتواند در تحلیل‌ها و ترکیب اطّلاعات بسیار کارآمد باشد (فرج زاده و منتظرالقائم، ۱۳۷۵: ۲۴۸).

تحقیق حاضر با هدف شناسایی عوامل مؤثر در زمین لغزش‌ها و ناحیه بندی منطقه با استفاده از روش AHP و به کارگیری GIS صورت گرفته و انتخاب معیارها و استانداردها، تهیه‌ی لایه‌های رقومی زمین مرجع عوامل الگو، تعیین وزن نسبی و عمومی، تبدیل به فرمت شبکه‌ای [۹]، هم‌پوشانی لایه‌ها و تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی از محورهای اصلی تحقیق بوده تا مناطق حسّاسی که بیشترین احتمال خطر وقوع لغزش وجود دارد، تعیین شود. با شناسایی مکان‌های با پتانسیل بالای لغزش، می‌توان از خطرات احتمالی آن نیز جلوگیری کرد.

موقعیّت و ویژگی‌های جغرافیایی منطقه

حوضه‌ی صفارود در دامنه‌های شمالی البرز قرار گرفته و یکی از حوضه‌های بزرگ شهرستان رامسر است. این حوضه از لحاظ موقعیّت جغرافیایی در فاصله‌ی بین ″۵۰ ′۴۳ °۳۶ تا ″۸ ′۵۵ °۳۶ عرض شمالی و ′۲۵ °۵۰ تا ″۳۹ ′۳۷ °۵۰ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). مساحت حوضه ۱۳۶/۵۸ کیلومتر مربع و محیط آن ۵۴/۳۸ کیلومتر است.

ساختار زمین شناسی حوضه‌ی صفارود بخشی از ساختمان البرز و به ویژه البرز غربی می‌باشد. با توجه به تقسیم بندی زمین‌شناسان حوضه‌ی صفارود در البرز غربی و واحد یال شمالی قرار دارد (علایی طالقانی،۱۳۸۱:

۵. Alytical Hierarchy Process

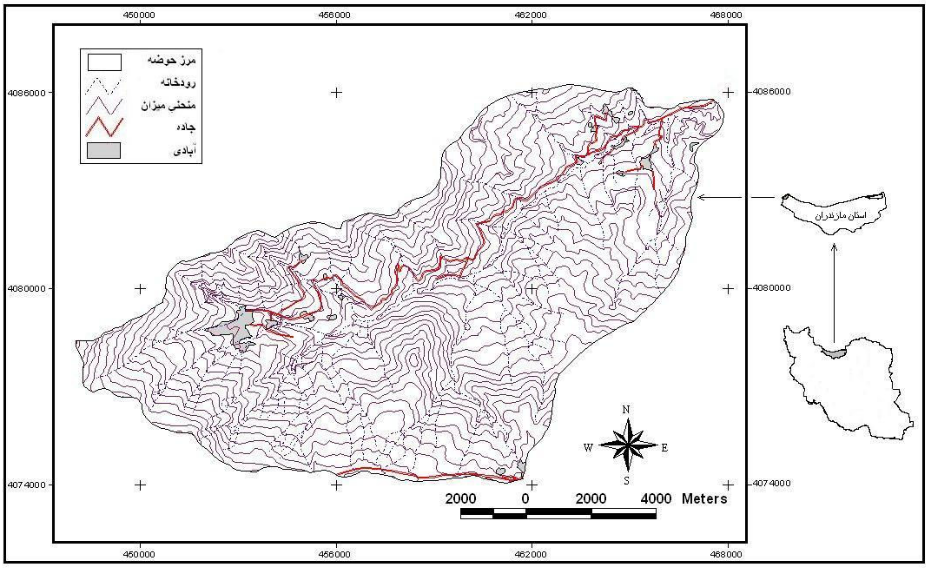
۶. Saaty

۷. Shaw

۸. Geographic Information System

۹. Raster

(۱۱۱).



شکل (۱) نقشه‌ی موقعیّت جغرافیایی حوضه‌ی صفارود

چین خوردگی‌های آن بیشتر از رسوبات دوران دوم زمین شناسی تشکیل شده و بیش از ۷۷ درصد از رسوبات مربوط به دوره‌ی تریاس فوقانی و ژوراسیک میانی، سازند (شمشک و جواهرده) می‌باشد. گسل‌های متعددی در حوضه دیده می‌شود، به گونه‌ای که دره صفارود را با پیچ وخم‌های متعددی روبرو کرده است.

از نظر اقلیمی، منطقه تحت تأثیر عوامل بیرونی و محلّی است که موجب تغییرات دما وایجاد بارش می‌شود. مقدار بارش درحوضه تا ارتفاع ۸۰۰ متر بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌متر و در ارتفاع ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ متر که لغزش‌ها اتفاق افتاده اند، کمتر از ۷۰۰ میلی‌متر می‌باشد. میانگین دمای ۲۲ ساله در ارتفاعات پایین ۱۶ درجه سلسیوس است، ولی در منطقه جواهرده، که در ارتفاع بیش از ۱۲۰۰ متر قرار دارد، دما به ویژه درفصل زمستان به کمتر از صفر می‌رسد. با توجه به طبقه بندی اقلیمی آمبرژه مناطق مختلف حوضه تا ارتفاع ۸۰۰ متر خیلی مرطوب، از ارتفاع ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مرطوب سرد، ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر نیمه مرطوب و بالاتر از آن سرد کوهستانی می‌باشد. آبراهه‌ی اصلی صفارود با جهت کلّی جنوب غربی ـ شمال شرقی و پس از طیّ مسیر ۲۱ کیلومتری به دریای خزر می‌ریزد. صفارود با دبی متوسط سالیانه ۲/۲ متر مکعب در ثانیه از رژیم برفی بارانی برخوردار است(هاشمی،

۱۳۸۱: ۱۰۲) که رژیم برفی (فصل بهار) بیشتر در ارتفاعات بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و رژیم بارانی در ارتفاعات پایین تر از آن به ویژه کمتر از ۸۰۰متر دیده می‌شود.

با توجه به نوع اقلیم، وضعیّت ناهمواری، نوع سنگ و پوشش گیاهی در حوضه خاک‌های متفاوتی دیده می‌شود. مناطق وسیعی از حوضه‌ی صفارود دارای تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی اسیدی، قهوه‌ای آهکی، آبرفتی و آبرفتی در حال تکامل با بافت‌های لومی و لومی رسی شنی، لوم شنی رسی، لوم و لوم رسی شنی و لوم تا لوم رسی شنی پوشانده شده است (طرح جنگل‌داری صفارود، ۱۳۷۹: ۱۸۴). از لحاظ پوشش گیاهی در حوضه سه نوع پوشش جنگلی، مرتع و باغ‌ها دیده می‌شود. در این میان جنگل با تقسیم بندی جنگل خوب ، مخروبه و نیمه مخروبه بیش از ۵۹ درصد از سطح حوضه را پوشانده است.

از نظر فعالیّت‌های انسانی و سکونتگاهی این حوضه به دو منطقه‌ی شمال شرقی (بومی) و جنوب غربی (خوش‌نشین) تقسیم می‌شود. منطقه‌ی جواهرده در اواخر بهار و فصل تابستان پذیرای هزاران گردشگر و خوش‌نشین می‌باشد. براساس آخرین آمار (خانه بهداشت روستاها در داخل حوضه) درسال ۱۳۸۴ تعداد ۱۳۷۷ تن در ۳۴۲ خانوار و در شش روستا زندگی می کنند. فعالیّت‌های اقتصادی اجتماعی از قبیل: کشاورزی ، احداث جاده‌ها و ساخت وساز منازل مسکونی در حوضه وجود دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که دخالت انسان درحوضه آسیب‌های زیادی بر محیط طبیعی آن وارد کرده است. مهم ترین آثار نامطلوب آن تخریب پوشش گیاهی است که در اثر جاده سازی، پرورش دام، کشاورزی و قاچاق چوب صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

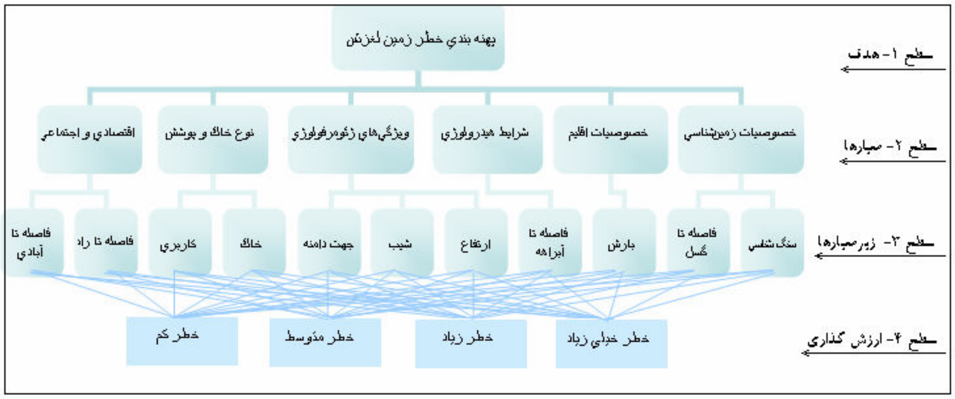
در راستای اهداف تحقیق، ابتدا با ملاحظه‌ی عکس‌های هوایی با مقیاس ۲۰/۰۰۰ : ۱ و بررسی‌های میدانی، لغزش‌های حوضه‌ی صفارود شناسایی و تعیین حدود شد. سپس با تهیه‌ی نقشه‌ی توزیع لغزش‌ها و بررسی عوامل، جدول ویژگی‌های کلّی زمین لغزش‌ها (جدول ۱) شکل گرفت. با تجزیه و تحلیل نتایج جدول مذکور و با توجه به بیشترین لغزش‌ها که در ارتباط با یک پارامتر اتفاق افتاده بودند، علل وقوع شناسایی شده است.

به منظور مشخص کردن نقاط بحرانی از لحاظ خطر وقوع لغزش، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش AHP و در محیط GIS صورت گرفت که شامل مراحل مشخص کردن پارامترهای مورد نیاز، تهیه‌ی اطلاعات و نقشه‌ی پارامترهای مورد نیاز و ترکیب آنها با توجه به روش وزن دهی یا امتیاز دهی بوده است. پس

از تعیین هر یک از پارامترها با توجه به تعداد لغزش‌ها که اتفاق افتاده‌اند، امتیازدهی صورت گرفت که از یک تا ده بوده است، به گونه‌ای که عدد یک برای پارامتری که کم ترین تأثیر را داشته و عدد ده نیز بیشترین تأثیر را داشته است.

روش مورد بحث بر اساس تجزیه‌ی مسایل پیچیده به سلسله مراتب می باشد، که در رأس آن هدف کلی قرار دارد. در این تحقیق هدف، تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش است. در سطح دوم، معیارها قرار می گیرند که در این‌جا شامل عوامل زمین شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، ژئومرفولوژی و اقتصادی اجتماعی است، که برای پهنه بندی زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفته است. در مرحله‌ی بعدی، عوامل مؤثّر در زمین لغزش‌ها به عناصر جزیی‌تر سنگ‌شناسی، فاصله تا گسل، بارش، فاصله تا آبراهه، ارتفاع، شیب، جهت دامنه، نوع خاک، پوشش گیاهی، فاصله تا راه و آبادی تقسیم شده است. جهت کاربرد پارامترهای مورد نیاز از نقشه‌ی خاک‌شناسی در تهیه‌ی نوع خاک، از نقشه‌ی زمین شناسی ۱۰۰/۰۰۰ : ۱، نوع سنگ و فاصله تا گسل، از روی نقشه‌ی توپوگرافی ۵۰/۰۰۰ : ۱ طبقات ارتفاعی، فاصله از روستاها و آبراهه‌ها و نقشه‌ی شیب بر اساس الگوی رقومی ارتفاعی DEM [۱۰] در محیط ArcGIS و از نقشه‌ی پوشش گیاهی در نوع پوشش و کاربری اراضی استفاده شده است. پس از تجزیه‌ی مسأله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه شده و بر اساس میزان برتری دو معیار، ارزش گذاری صورت می گیرد که در این تحقیق شامل پهنه‌های با خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط و پهنه با خطر کم بوده است (شکل ۲). در روش مورد استفاده با توجه به وسعت پهنه‌های لغزشی در هر یک از کلاس‌های پارامترهای مختلف، ارزش وزنی برای هر یک از سلول‌ها در نظر گرفته شد و سرانجام مجموع ارزش‌های وزنی برای هر سلول با هم‌پوشانی لایه‌های مختلف مورد مطالعه به‌دست آمد. در واقع، نقشه‌ی پهنه بندی خطر زمین‌لغزش منطقه از ترکیب لایه‌ها با یکدیگر در محیط GIS حاصل شده است.

۱۰. Digital Elevation Model



شکل (۲) ساختار سلسله مراتب AHP برای پهنه بندی زمین لغزش

نتایج و بحث

به طور کلّی، بیش از ۹۰ درصد لغزش‌های حوضه‌ی صفارود در دو منطقه‌ی جواهرده (نیمه غربی حوضـه) و حوالی روستاهای بومی (شمال شرقی حوضه) و بقیه در نقاط دیگر اتفاق افتاده، که ویژگی‌هـا و مشخّـصات هـر یک به تفکیـک در جـدول شـماره ۱ آمـده اسـت. همچنـین چگـونگی انتخـاب عوامـل تأثیر‌گـذار بـر وقـوع لغزش‌های بالا را می‌توان در جدول شماره۲ مشاهده نمود. چنانچه لغزش‌ها را با توجه به پارامترهای این جـدول مورد سنجش قرار دهیم، جدول شماره ۳ حاصل می‌شود، که تعداد وقوع لغزش‌هـا را بـا توجـه بـه یـک عامـل مشخص می‌کند. در واقع اطّلاعات جدول ۳ نشان می‌دهد که چه تعداد لغزش در ارتباط با یک عامل اثر‌گـذار اتفاق افتاده‌اند. بنابراین وقوع لغزش‌های زیاد در محدوده‌ی یک عامـل اثر‌گـذار نـشان از دخالـت آن عامـل در پیدایش لغزش‌ها می‌باشد.

جدول ۱. ویژگی‌ها و مشخّصات لغزش‌های حوضه‌ی صفارود

ردیف	مکان وقوع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سنگ‌شناسی	فاصله تا گسل m	بارش (mm)	فاصله تا آبراهه (m)	ارتفاع (m)	شیب (٪)	جهت دامنه	نوع خاک	پوشش و کاربری	فاصله تا راه (m)	فاصله تا آبادی (m)
۱	اشکونه کوه	۳۶-۵۴-۴۶	۵۰--۳۷-۳۴	کنگلو مرا	۷۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۱۰	۱۲۰	۲۲-۲۶	شمال	لوم تالوم رس	باغها	۱۵۰	۱۵۰
۲	مازولنگه	۳۶-۵۴-۱۳	۵۰--۳۷-۵۴	ماسه سنگ شیل	۲۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۵۰۰	۳۴۰	۱۳-۱۷	شمال	لوم تالوم رس	جنگل مخروبه	۱۰	۲۰۰
۳	مازولنگه	۳۶-۵۴-۱۲	۵۰--۳۷-۲۳	ماسه سنگ شیل	۱۰۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۲۵۰	۳۲۰	۱۳-۱۷	شمال	لوم تالوم رس	جنگل مخروبه	۳۰۰	۵۰
۴	گاورمک	۳۶-۵۴-۲	۵۰--۳۷-۲	ماسه سنگ شیل	۱۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۳۵۰	۲۶۰	۲۲-۲۶	شمال شرقی	لوم تالوم رس	جنگل مخروبه	۴۰۰	۳۰۰
۵	گاورمک	۳۶-۵۳--۰	۵۰--۳۷-۳	ماسه سنگ شیل	۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۳۰۰	۳۲۰	۲۲-۲۶	شمال شرقی	لوم تالوم رس	جنگل مخروبه	۶۰۰	۳۰۰
۶	خ-ش-بهشتی	۳۶-۵۴-۴۰	۵۰--۳۷-۲	کنگلو مرا	۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۱۵۰	۱۸۰	۲۶-۳۱	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۳	۲۵۰
۷	میلات	۳۶-۵۴-۲۷	۵۰--۳۶-۴۳	کنگلو مرا	۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۱۵۰	۱۶۰	۱۳-۱۷	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	باغها	۴۵۰	۲۵۰
۸	میلات	۳۶-۵۴-۲۸	۵۰--۳۶-۲۳	کنگلو مرا	۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۷۵	۲۲۰	۱۳-۱۷	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	باغها	۳	۱۰۰
۹	میلات	۳۶-۵۴-۱۹	۵۰--۳۶-۳۱	شیل	۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۵۰	۱۶۰	۱۳-۱۷	شمال	لوم تالوم رسی شنی	باغها	۴۵۰	۱۰۰
۱۰	میلات	۳۶-۵۴-۱	۵۰--۳۶-۴	شیل	۳۰۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۱۰	۲۲۰	۲۲-۲۶	شمال	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۱۰۰	۳۵۰
۱۱	میلات	۳۶-۵۴-۱۷	۵۰--۳۶-۱۳	شیل	۱۰۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۷۰	۱۲۰	۲۲-۲۶	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	باغها	۱۰	۷۵
۱۲	خ-ش-بهشتی	۳۶-۵۴-۲۲	۵۰--۳۶-۱	شیل	۲۰۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۲۵۰	۲۸۰	۲۶-۳۱	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	باغها	۲	۲۵۰
۱۳	خ-ش-بهشتی	۳۶-۵۴-۱۵	۵۰--۳۶-۷	شیل	۲۰۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۲۵۰	۲۸۰	۲۶-۳۱	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۵۰	۳۰۰
۱۴	میلات	۳۶-۵۴-۱۳	۵۰--۳۶-۵	شیل	۳۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۳	۱۸۰	۲۲-۲۶	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۱۰	۱۰۰
۱۵	میلات	۳۶-۵۴-۸	۵۰--۳۵-۰	شیل	۴۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۳	۱۸۰	۲۲-۲۶	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۱۰۰	۳۰۰
۱۶	ولیچکلایه	۳۶-۵۴-۴۵	۵۰--۳۵-۲۶	شیل	۴۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۱۰۰	۶۴۰	۲۶-۳۱	جنوب غربی	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۳	۳۰۰
۱۷	ولیچکلایه	۳۶-۵۴-۴۶	۵۰--۳۵-۴۶	شیل	۱۰۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۵	۵۶۰	۱۳-۱۷	جنوب شرقی	لوم تالوم رسی شنی	جنگل مخروبه	۱۰	۴۰۰
۱۸	بلسی	۳۶-۵۳--۰	۵۰--۳۵-۱۸	ماسه سنگ	۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۷۵۰	۳۴۰	۱۳-۱۷	جنوب شرقی	لومی تالوم رسی	جنگل مخروبه	۵	۵۰
۱۹	خ-ش-بهش	۳۶-۵۳--۰	۵۰--۳۳-۲۷	ماسه سنگ	۴۵۰	۶۰۰--۸۵۰	۱۰۰	۷۴۰	۲۶-۳۱	جنوب شرقی	لومی تالوم رسی	نیمه مخروبه	۲	۸۰۰
۲۰	زرودک	۳۶-۵۱-۲۱	۵۰--۳۰-۴۶	پادگانه شنی	۲۵	۶۰۰--۸۵۰	۳	۱۱۸۰	۱۳-۱۷	شمال	لومی تالوم رسی	مخروبه	۱۰۰	۷۰۰
۲۱	زرودک	۳۶-۵۱--۰	۵۰--۳۰-۴۷	پادگانه شنی	۲۵	۶۰۰--۸۵۰	۳	۱۱۷۰	۲۲-۲۶	شمال	لومی تالوم رسی	مخروبه	۲۵۰	۸۰۰
۲۲	زرودک	۳۶-۵۱-۹	۵۰--۳۰-۳۶	پادگانه شنی	۲۵۰	۶۰۰--۸۵۰	۵	۱۲۲۰	۱۳-۱۷	شمال	لومی تالوم رسی	مخروبه	۴۰۰	۵۵۰
۲۳	متکوه	۳۶-۵۱-۳	۵۰--۳۰-۱۸	پادگانه شنی	۲۵۰	۶۰۰--۸۵۰	۱۰	۱۲۶۰	۱۳-۱۷	شمال	لوم و لوم رسی شنی	نیمه مخروبه	۸۵۰	۵۰۰
۲۴	متکوه	۳۶-۵۱--۰	۵۰--۳۰-۶	پادگانه شنی	۵۰	۶۰۰--۸۵۰	۱۰	۱۲۸۰	۱۳-۱۷	شمال	لوم و لوم رسی شنی	نیمه مخروبه	۸۰۰	۱۵۰
۲۵	متکوه	۳۶-۵۱-۵	۵۰--۳۰-۳	پادگانه شنی	۲۵۰	۶۰۰--۸۵۰	۵	۱۴۲۰	۱۳-۱۷	جنوب شرقی	لوم و لوم رسی شنی	نیمه مخروبه	۷۵۰	۱۰۰
۲۶	متکوه	۳۶-۵۱-۱۱	۵۰--۳۰-۱	پادگانه شنی	۳۰۰	۶۰۰--۸۵۰	۵	۱۴۸۰	۲۲-۲۶	جنوب شرقی	لوم و لوم رسی شنی	نیمه مخروبه	۳۰۰	۶۰۰
۲۷	چتوک	۳۶-۵۰--۵۳	۵۰--۲۹-۴۹	کنگلومرا	۲۵	۶۰۰--۸۵۰	۱۰	۱۵۲۰	۲۲-۲۶	شمال	لوم و لوم رسی شنی	نیمه مخروبه	۹۵۰	۱۵۰
۲۸	چتوک	۳۶-۵۰--۴۸	۵۰--۲۹-۴۳	کنگلومرا	۲۰۰	۶۰۰--۸۵۰	۷	۱۵۸۰	۲۲-۲۶	شمال	لوم و لوم رسی شنی	نیمه مخروبه	۱۲۰۰	۴۵۰
۲۹	فیلدم	۳۶-۵۱-۳۴	۵۰--۲۹-۱۶	پاد گانه شنی	۴۰۰	۶۰۰--۸۵۰	۳	۱۵۴۰	۲۶-۳۱	جنوب شرقی	لوم و لوم رسی شنی	باغها	۱۵۰	۱۵۰
۳۰	فیلدم	۳۶-۵۱-۱۸	۵۰--۲۹-۱۰	پاد گانه شنی	۱۵۰	۶۰۰--۸۵۰	۳	۱۵۶۰	۲۲-۲۶	شمال	لوم و لوم رسی شنی	باغها	۱۰۰	۲۰۰
۳۱	فیلدم	۳۶-۵۱-۲۶	۵۰--۲۹-۸	پاد گانه شنی	۶۰۰	۶۰۰--۸۵۰	۵	۱۵۸۰	۲۲-۲۶	شمال	لوم و لوم رسی شنی	باغها	۱۰۰	۵۰
۳۲	چولعرده	۳۶-۵۱-۱	۵۰--۲۸-۴۲	پاد گانه شنی	۱۰۰	۶۰۰--۸۵۰	۵	۱۷۴۰	۲۲-۲۶	شرق	لوم و لوم رسی شنی	باغها	۵۰۰	۵۰
۳۳	سیم رود	۳۶-۵۱--۰	۵۰--۳۵-۴۰	شیل	۶۵۰	۸۵۰--۱۱۰۰	۲۰	۱۱۸۰	۲۶-۳۱	شمال	لومی تالوم رسی	نیمه مخروبه	۲۲۵۰	۳۶۰۰

جدول (۲) چگونگی انتخاب عوامل تأثیر گذار بر وقوع لغزش‌ها

ردیف	عوامل تأثیر گذار	چگونگی انتخاب
۱	لیتولوژی	بیشترین لغزشهایی که بر روی یک سنگ مادر اتفاق افتاده اند
۲	گسل	فاصله کمتر از ۲۰۰ متر
۳	شیب	بیشترین تعداد وقوع در یک طبقه شیب
۴	جهت شیب دامنه	بر اساس بیشترین لغزش‌هایی که در یک جهت شیب دامنه اتفاق افتاده اند
۵	ارتفاع	بیشترین تعداد وقوع لغزش در یک طبقه ارتفاعی
۶	بارش	بیشترین تعداد وقوع لغزش در یک منحنی بارش
۷	آبراهه	فاصله کمتر از ۱۰۰ متر از دو طرف یک آبراهه یا رود
۸	خاک	بیشترین تعداد وقوع در یک نوع خاک
۹	نوع پوشش	بیشترین تعداد وقوع در نوع پوشش
۱۰	راه ارتباطی	فاصله کمتر از ۵۰متر
۱۱	آبادی	فاصله کمتر از ۳۰۰متر

جدول (۳) درصد وقوع لغزش‌ها با توجه به عامل تأثیر گذار

ردیف	عامل اثر گذار	بیشترین تأثیر	تعداد لغزش‌ها در محدوده مورد نظر	درصد
۱	لیتولوژی	شیل	۱۴	۴۲/۴۲
۲	گسل	کمتر از ۲۰۰ متر	۱۶	۴۸/۴۸
۳	شیب	۲۶-۲۲	۱۴	۴۲/۴۲
۴	جهت شیب دامنه	جنوب شرقی	۱۴	۴۲/۴۲
۵	ارتفاع	۴۴۷-۶۰	۱۵	۴۵/۴۵
۶	بارش	۱۱۰۰-۸۵۰	۱۹	۵۷/۵۷
۷	آبراهه	کمتر از ۱۰۰ متر	۲۱	۶۳/۶۳
۸	نوع خاک	لوم و لوم رسی شنی	۲۲	۶۶/۶۶
۹	پوشش گیاهی	جنگل مخروبه و باغات	۲۵	۷۵/۷۵
۱۰	راه ارتباطی	کمتر از ۵۰متر	۱۱	۳۹/۴
۱۱	آبادی	کمتر از ۳۰۰متر	۲۳	۶۹/۶۹

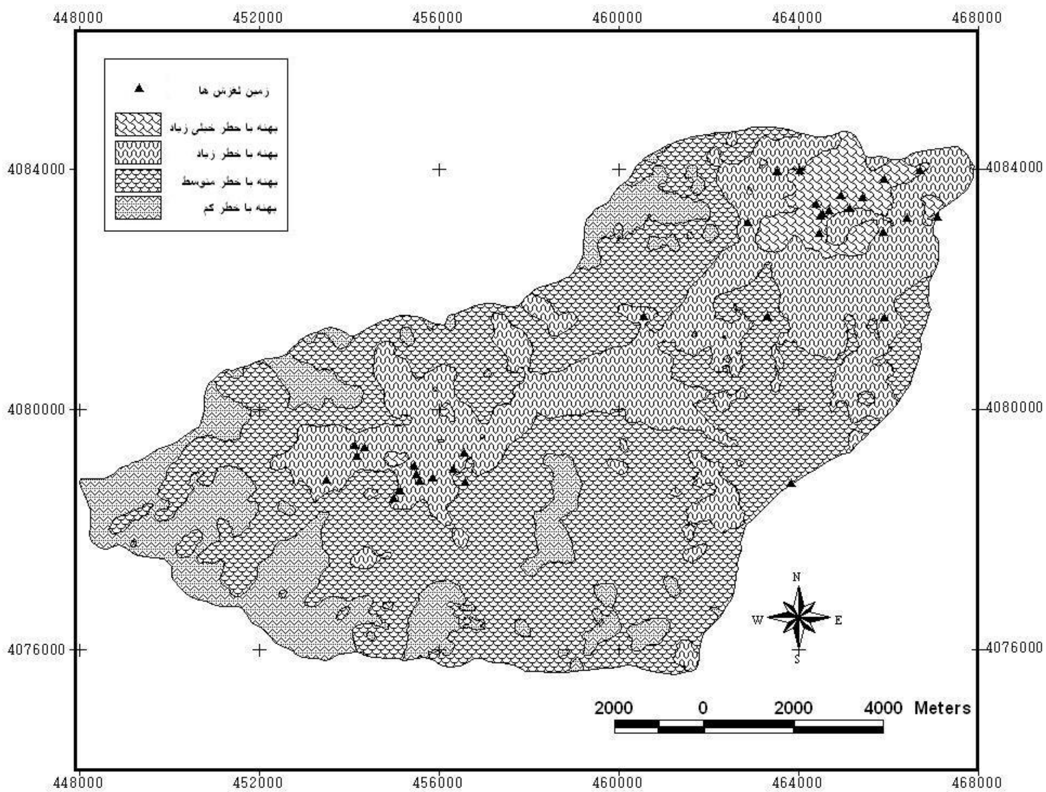
بررسی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

در این تحقیق پس از ترکیب لایه‌ها با یکدیگر در محیط GIS، پهنه‌ها در چهار کلاس طبقه بندی شده است (شکل ۳). کلاس اوّل پهنه با خطر بسیار زیاد، کلاس دوم پهنه با خطر زیاد، کلاس سوم پهنه با خطر متوسط و کلاس چهارم پهنه با خطر کم را شامل می شود. جدول شماره ۴ سطح هر یک از پهنه‌ها را نشان می-دهد.

جدول (۴) پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه‌ی صفارود

پهنه‌های خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
پهنه با خطر بسیار زیاد	۵/۳۱	۵۳۱/۲۱	۳/۸۸
پهنه با خطر زیاد	۳۶/۹۵	۳۶۹۵/۹۶	۲۷
پهنه با خطر متوسط	۷۱/۹۰	۷۱۹۰/۴۸	۵۲/۵۴
پهنه با خطر کم	۲۲/۴۱	۲۲۴۱/۱۰	۱۶/۴۰
کل	۱۳۶/۵۸	۱۳۶۵۸/۷۵	۱۰۰

نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه‌ی صفارود تأثیر عوامل مختلف از قبیل: زمین شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، پوشش گیاهی، خاک و فعالیّت‌های انسانی را نشان می‌دهد. در واقع همه‌ی عناصر و اجزاء در سیستم دست به دست هم داده‌اند تا نقاطی از حوضه‌ی صفارود را با خطر وقوع زمین لغزش روبرو کرده و بسیاری از نقاط را نیز با دخالت کمتر به پهنه‌های کم خطر تبدیل کردند. ۳/۸۸ درصد از سطح حوضه با خطر بسیار زیاد وقوع لغزش‌ها روبرو است، که نتیجه‌ی دخالت زیاد عوامل اثرگذار از لحاظ کمّی می‌باشد. تقریباً تمام این مناطق، در داخل آبادی‌ها و یا اطراف آبادی‌ها قرار دارند. در نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در نواحی که دخالت انسان بیشتر بوده و عوامل تأثیرگذار حضور بیشتری دارند، خطر وقوع لغزش‌ها نیز زیاد است. این عوامل به صورت یک سیستم عمل کرده‌اند و با دخالت بیشتر عوامل، وسعت پهنه‌ها نیز افزایش یافته است. با دور شدن از مناطق با پهنه‌ی خطر خیلی زیاد از تعداد عوامل اثرگذار نیز کاسته می‌شود.



شکل (۳) نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر لغزش حوضه‌ی صفارود

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ساختار زمین شناسی، توپوگرافی و ویژگی‌های اقلیمی، خاک، هیدرولوژی و فعّالیّت‌های اقتصادی اجتماعی در حوضه‌ی صفارود زمینه‌ی مناسبی را جهت پیدایش پدیده‌های ژئومرفولوژی و به ویژه زمین لغزش‌ها فراهم کرده است. در این تحقیق طبقه‌بندی زمین در سطح حوضه بر اساس میزان خطر لغزش‌ها و در قالب تهیه‌ی نقشه پهنه‌بندی خطر (شکل ۳) انجام گرفت، که خود می‌تواند در انتخاب نوع عملیّات اجرایی آبخیزداری و همچنین کاهش خسارت‌ها از طریق ارائه کاربری‌های مناسب در ارتباط با درجه‌ی خطر مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به الگو و پهنه بندی یاد شده در این تحقیق، تنها دو مورد از زمین لغزش‌ها بر اساس مشاهدات میدانی در پیش بینی و پهنه‌بندی به غلط در پهنه با خطر متوسط قرار گرفت و **۳۱** مورد دیگر از لغزش‌های مشاهده شده به درستی در پهنه بندی خطر بسیار زیاد و زیاد قرارگرفته‌اند که بیانگر دقّت بالای روش مورد استفاده است. بنابراین شکل گیری پهنه‌های خطر در منطقه با حضور عوامل اثرگذار در هر نقطه از حوضه، مرتبط است.

در مناطق با پهنه‌ی خطر بسیار زیاد و زیاد نباید تخریب و کار غیر اصولی از قبیل احداث جاده، قطع پوشش گیاهی و ... صورت بگیرد، زیرا این مناطق وضعیّت بحرانی دارند، به ویژه پهنه با خطر بسیار زیاد که مناطق مسکونی در این پهنه قرار دارند و در صورت انجام فعّالیّت‌های مزبور، باید عملیّات حفاظتی را نیز مورد توجه قرار داد. از طرفی اگر دخالت در محیط بیشتر شود، درجه‌ی پهنه‌ها تغییر کرده و به مناطق با پهنه‌ی خیلی زیاد تبدیل خواهد شد.

منابع و مآخذ

۱. اداره کل منابع طبیعی نوشهر، ۱۳۷۹، *طرح جنگل داری صفارود*، نقشه‌ی خاک حوضه‌ی صفارود.

۲. رجایی، عبدالحمید، ۱۳۸۲، *کاربرد ژئومرفولوژی درآمایش سرزمین و مدیریت محیط*، چاپ دوم، نشر قومس، تهران.

۳. رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۷، *فرسایش آبی و کنترل آن*، چاپ سوم، دانشگاه تهران.

۴. زمردیان، محمدجعفر، ۱۳۸۱، *ژئومرفولوژی ایران*، جلد دوم، فرایندهای اقلیمی و دینامیک بیرونی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۵. سازمان جغرافیایی ارتش و نیروهای مسلح، ۱۳۸۲، *نقشه‌ی توپوگرافی رامسر*، مقیاس ۱:۵۰/۰۰۰.

۶. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳، *نقشه‌ی زمین شناسی رامسر و جواهرده*، مقیاس ۱۰۰/۰۰۰ : ۱.

۷. سلملیان، حسین، ۱۳۸۵، *بررسی عوامل مؤثّر در زمین لغزه‌های حوضه‌ی آبی صفارود شهرستان رامسر*، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، به راهنمایی عیسی جوکارسرهنگی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

۸. علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۱، *ژئومرفولوژی ایران*، چاپ اول، نشر قومس، تهران.

۹. فرج زاده، منوچهر، منتظرالقائم، سعید، ۱۳۷۵، *پهنه‌بندی قابلیت وقوع زمین لغزه‌ها با استفاده از GIS*، مطالعه موردی جاجرود تا رودهن، سومین کنفرانس سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی: ۲۶۱-۲۴۵.

۱۰. کرم، عبدالامیر، ۱۳۸۳، *کاربرد الگوی ترکیب خطی وزین (WLC) در پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش*، مجله‌ی جغرافیا و توسعه: ۱۴۶-۱۳۱.

۱۱. کک، روژه، ۱۳۶۸، ژئومرفولوژی، جلد اول، *ژئومرفولوژی ساختمانی و دینامیک درونی*، ترجمه‌ی فرج اله محمودی، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۲. هاشمی، سید یوسف، ۱۳۸۱، *ژئومرفولوژی حوضه‌ی صفارود منطقه‌ی رامسر*، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، به راهنمایی محمد رضا ثروتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری.

۱۳. Chung ,C.F Fabbri, A.G. and Van Westen, E.J. , ۱۹۹۵, Multivarite regression analysis For landslide hazard zonation in: Geomorphological system in assessing natural hazards, Kluwer Academic Publishers, ۱۳۵-۱۷۶ pp.

۱۴. Saaty, T. L., ۱۹۸۹, Decision making, scaling and number crunching, Decision Sciences, ۲o: ۴۰۴-۴۰۹ pp.

۱۵. Saha, A.K. Gupta , R.P. Arora, M.K. and Kumar, A., ۲۰۰۲, GIS-based landslide hazard zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley Himalayas, International Journal of Remote Sensing,Vol. ۲۳, No. ۲, ۳۵۷-۳۶۹ PP.

۱۶. Shaw, G and D, Wheeler, ۱۹۸۵, Statistical techniques in geographical analysis, Dublin . Jhan Wiely& Sons Press.

۱۷. Varnes D.J., ۱۹۸۴, Landslide hazard zonation: a review of Principle and Practice, Unexco, Paries, ۶۳ PP.

مشخصات نویسندگان:

دکتر عیسی جوکار سرهنگی استادیار گروه جغرافیای دانشگاه مازندران.

E-mail: e.jokar@umz.ac.ir

دکتر ابوالقاسم امیراحمدی ا ستادیار گروه جغرافیای دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

حسین سلملیان کارشناس ارشد دانشگاه تربیت معلم سبزوار.